

調光可能なMR16開発キット

Atmel ATtiny24A

序説

MR16開発キットは調光可能なMR16 LED球駆動単位部を実演します。この基板は前縁/後縁調光からの調光情報を復号するのにAtmel® ATtiny24AのES版を使い、それによってLEDの明るさを変更するのに使います。ATtiny24AはLEDに給電するために定電流降圧変換器が後続する昇圧変換器から成る2段形態を組み込みます。基板はハロゲン球電子トランスを10Wで信頼に足る点灯と動作をさせるように設計されています。

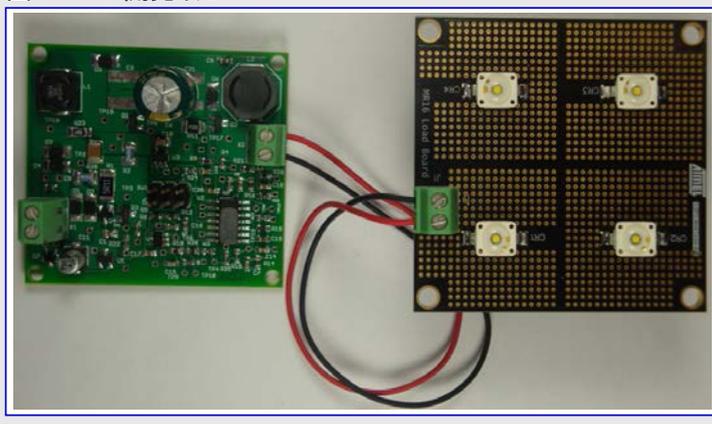
基板は以下の電源で動くように設計されています。

- 15W以上を生じる能力のDC 10～15V
- 15W以上を生じる能力のAC 50/60Hz 11～12V磁気トランス
- 13W以上を生じる能力の50/60Hz包絡線を持つAC 11～12V 20kHz～100kHz電子トランス

要点

- 先行供給者(注)からのAC 12V電子トランスと互換
- 先行供給者(注)からの前縁/後縁調光と互換
- DC支援、磁気トランスと電子トランスの入力
- 10～100%の調光能力
- 最大80%の効率
- 事前構成設定された4つのLEDに対する10W出力生成
- 拡大縮小可能な定格電力とLED構成設定

図1. MR16開発キット



注: 互換性は電子トランスと調光器によって変化し、検証が必要です。

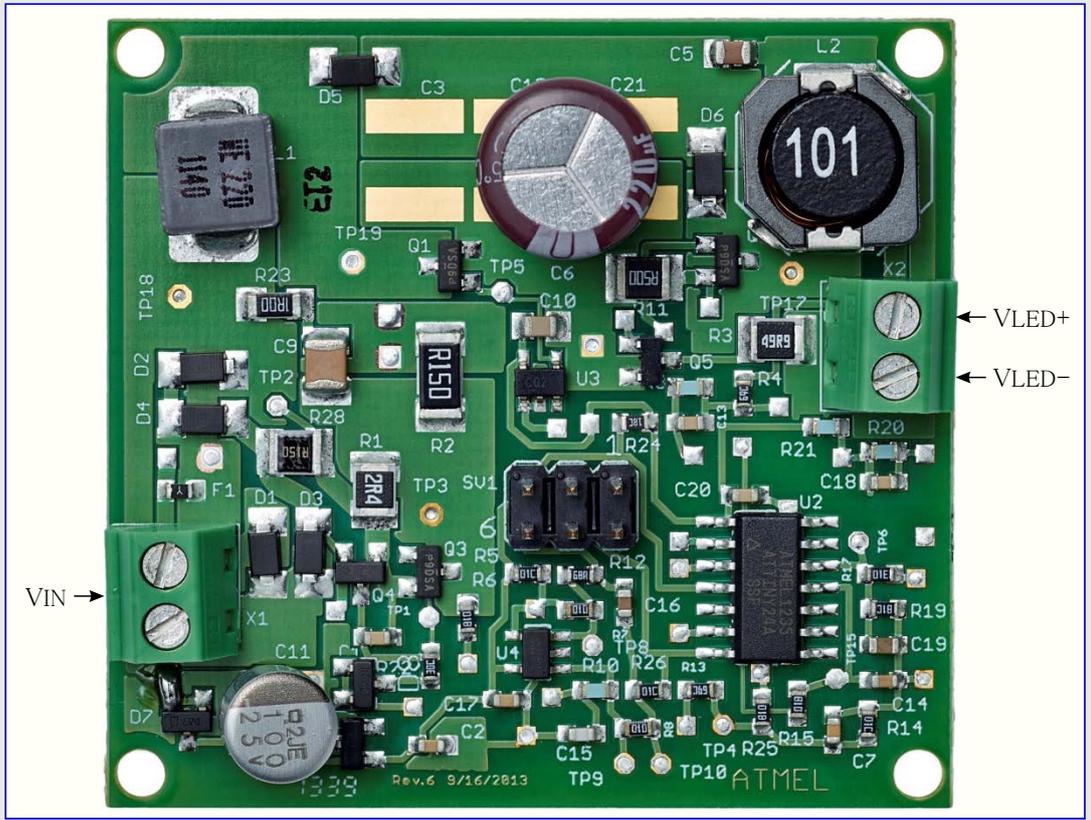
目次

1. キット内容	3
2. MR16評価基板の接続と操作	3
3. 構成図	4
4. 回路図	5
5. 設計式	6
5.1. 降圧段	6
5.1.1. 降圧感知抵抗参照基準電圧	7
5.2. 昇圧段	7
5.2.1. VBUSとCBUSの値	7
5.2.2. 昇圧コイル	8
5.2.3. 減衰(ダンピング)と雑音除去網	8
5.2.4. 昇圧電流感知抵抗	8
5.2.5. 昇圧切り替え周波数	8
5.2.6. 低導通角調光動作	9
6. 4つのLEDの10W解決策の性能特性	10
6.1. DC入力	10
6.2. AC入力	11
7. Lutron Diva DVELV-300調光器とのHatch RS12-60M電子トランス入力	13
7.1. 非調光波形	13
7.2. 50%調光波形	14
7.3. 全調光波形	15
8. 部品表	16
9. 改訂履歴	17

1. キット内容

- MR16開発/評価主基板
- 付着された放熱器を持つLED負荷基板(+LEDは負荷基板で直列です。)
- LED負荷基板接続線
- 以下の物品が必要とされますが、キットに含まれません。
 - DC 12Vが可能な適合電源、12V磁気トランス、12V電子トランス (推奨:Hatch RS12-80MGN)
 - 前縁/後縁調光器 (推奨:Lutron Diva DVELV300P)

図1-1. 入力と出力のコネクタ

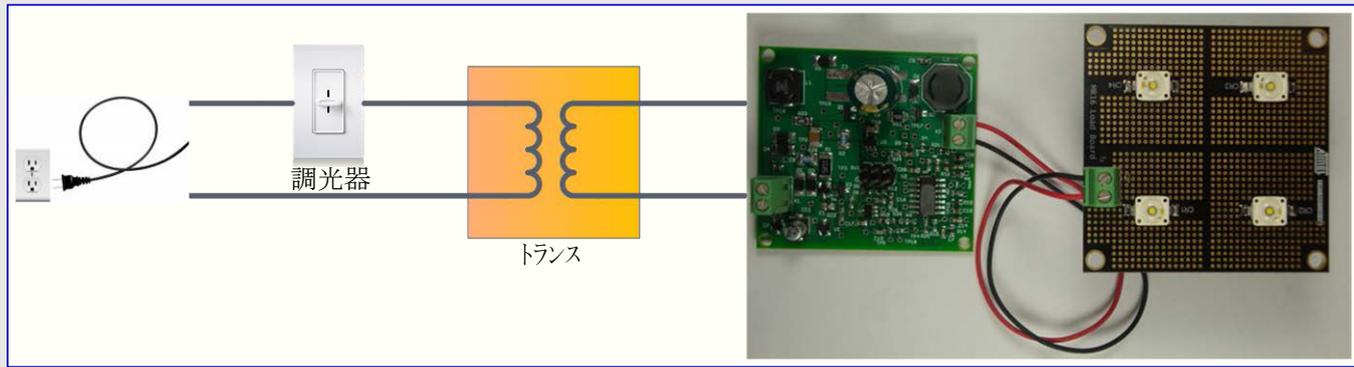


注: ATtiny24AはLED駆動部ICとして機能し、電力制御、調光制御、家事機能を実行するためのファームウェアで予め書かれてやっています。このファームウェアは使用料無料許諾契約に署名することによる求めで利用可能です。

2. MR16評価基板の接続と操作

- a) 主基板上のX2出力コネクタをLED負荷基板上のJ1コネクタに線を取り付けてください。
 1. LED負荷基板の裏に放熱器が取り付けられていることを確実にしてください。
 2. 放熱器が出荷で脱落してしまった場合、穏やか且つ均等な圧力を加えることによってそれをLED負荷基板の裏に再取り付けしてください。
- b) X1入力コネクタを電源に接続してください。基板は以下のどれかの電源で動くように設計されています。
 1. 15W以上を生じる能力を持つDC 10~15V
 2. 15W以上を生じる能力を持つAC 50/60Hz 11~12Vの磁気トランス
 3. 15W以上を生じる能力を持ち、50/60Hz包絡線を持つAC 11~12Vの40kHz電子トランス
- c) MR16照明を調光するため、図2-1.で示されるトランスの前に選んだトランスに適合するAC調光器を接続してください。調光器の適合性については電子トランス製造業者のデータシートを参照してください。調光器とトランスの特定の組み合わせはより大きな負荷を必要とするかもしれません。このような組み合わせについては安定動作のために複数の照明球が必要とされるでしょう。

図2-1. 接続図



3. 構成図

図3-1. 回路構成図

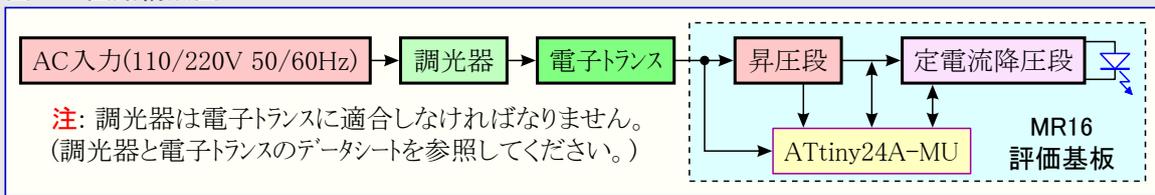
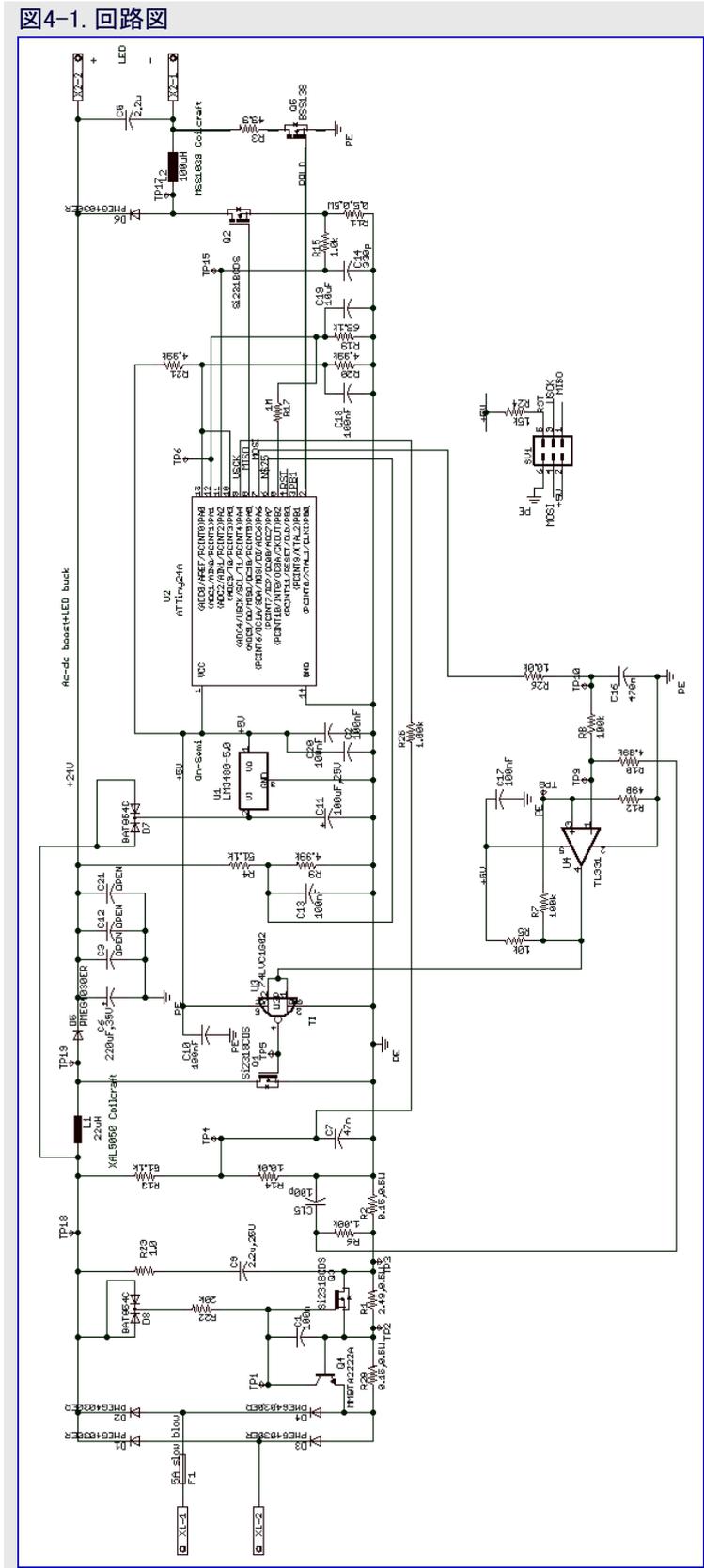


図3-1はMR16照明装置の実装に使われる回路図の構成図を示します。入力電圧は昇圧変換器によって処理されます。構成図内側のAtmel ATtiny24AはPI制御器伝達関数を実装し、望む昇圧バス電圧が達成されるような回路で状況を調整します。定OFF時間浮き降圧形態が使われます。浮き降圧はそれが駆動が容易なLow側MOSFETを使うため、負荷(LED)が接地されてはならない場合で有利です。定OFF時間制御はLED電流の正確な制御を許し、実装が簡単です。平均のLEDとコイルの電流は等価です。

4. 回路図

図4-1. 回路図



$$V_{LED} = L \frac{\Delta i_L}{T_{off}} \quad L2 = \frac{V_{LED} T_{off}}{\Delta i_L} = \frac{V_{LED} T_{off}}{\beta I_{AVE}}$$

最後に、2つの降圧段設計式は下で一覧にされるように要約することができます。

$$R11 = \frac{V_{REF}}{I_{AVE} + \frac{(V_{BUS} - V_{LED})}{L2} \left(\frac{D}{2f_{buck}} - t_{delay} \right)} \quad L2 = \frac{V_{LED} T_{off}}{\beta I_{AVE}} \quad \text{ここで } T_{off} = 3\mu s$$

電流行き過ぎや温度超過のための予期せぬどのコア飽和を避けるために、降圧コイル飽和電流はコイルを流れる尖頭コイル電流 (I_{PEAK}) の2倍よりも大きくあるべきです。

5.1.1. 降圧感知抵抗参照基準電圧

参照基準電圧は降圧FET(Q2)をOFFに切り替える時を決めるために感知抵抗(R11)を渡る電圧と比較されます。この電圧が低すぎる場合、比較器の入力変位(オフセット)電圧に匹敵するようになって電流感知精度が悪化します。高すぎる場合、感知抵抗(R11)で過度の消失があり、この抵抗を渡る電圧はQ2のゲート駆動電圧から減じます。尖頭電流に対応する参照基準電圧は200~500mV間に設定されるべきです。参照基準電圧は制御器内の調光復号回路によって生成されます。5Vの振幅を持つPWM信号と必要とされる調光水準に比例するデューティ比が制御器の5番ピンで出力されます。調光が必要とされない時にこの出力はVCC=5Vで安定で、尖頭参照基準電圧は以下によって与えられます。

$$(V_{buckFB})_{PEAK} = \frac{R19}{R17+R19} \times 5V = (I_{buck})_{PEAK} \times R11 = 200 \sim 500mV$$

5.2. 昇圧段

5.2.1. VBUSとCBUSの値

降圧変換器の切り替え周波数が $f_{Buck} = 150kHz$ で考察してみましょう。故に、

$$T_{ON} + T_{OFF} = \frac{1000}{f_{Buck}} \quad \text{ここで } T_{ON} \text{ と } T_{OFF} \text{ は } \mu s \text{ で } T_{OFF} \text{ の値は } 3\mu s \text{ です。}$$

従って、 T_{ON} の値は次式によって与えられます。

$$T_{ON} = \left(\frac{1000}{f_{Buck}} - T_{OFF} \right) \mu s$$

加えて、降圧MOSFETのON持続時間式は次の様式に書くことができます。

$$V_{BUS} - V_{LED} = L2 \frac{I_{PEAK} - I_V}{T_{ON}}$$

故に、

$$V_{BUS} = V_{LED} + L2 \frac{\beta I_{AVE}}{T_{ON}}$$

望む昇圧段バス電圧を達成するために分圧抵抗を正しい大きさにすることが必要です。デジタルPI制御器は帰還伝達関数を実装し、利得段の出力電圧がADC用のデジタル参照基準値、公称2.56Vに等しい電圧に合うように回路で状況を調整します。バス電圧用のR4とR9の分圧抵抗は次式を用いて選ぶことができます。

$$V_{BUS} \times \frac{R9}{R4+R9} = 2.56V$$

バス電圧はDCとACの動作に対して僅かに異なる平均値を持ちます。AC動作中、バス電圧はそれを渡るかなりのリップルを持ち、電力線の半周期毎に1度採取されます。そのDC値はリップル周期のどの点が採取されるかに依存します。平均値の違いは降圧変換器がそれを修正して正しいLED電流を与えるため小さな因果関係です。

MR16応用での限定された空間のため、MR16外形寸法でこの様式に合うスルーホール型昇圧変換器用の最大電解コンデンサは10mm径12mm長(または400mil径500mil長)です。バス電圧コンデンサ(の容量)はこれがコンデンサの物理的な大きさを最小にするため、可能な限り大きくあるべきです。この大きさでの最大容量値が使われるべきです。

例えば、4つのLED、10Wの設計に対し、最善設計は(4つのLEDに対する) $V_{LED} = 14V$ 用の $V_{BUS} = 24V$ の物になります。そして $P_{LED} = 10W$ に対する最良容量値は $CBUS = 220\mu F / 35V$ です。入力電流は入力電圧が回路に印加されつつある間の全ての時間中、定数値を持つように決められます。電流形状に関して電流調光されない磁気トランスでの頂点間リップル電圧は5Vです。回路が力率改善された場合、リップル電圧は8Vでしょう。両方の場合で、リップル電圧は固定化されたバス電圧用のバス容量(コンデンサ値)に逆比例します。バス電圧は例え4つ未満のLEDが給電されたとしても、約20V以下に下げられるべきではありません。さもなければ、付随する問題が受け入れ可能である限り、バスのコンデンサが大きすぎ、またはリップルが大きすぎになり得るでしょう。4つを超えるLEDが使われる場合、良い経験則はバス電圧をLED電圧よりも概ね1.5~2倍大きくすることです。電力水準が10W未満に下げられる場合、バスのコンデンサでの相対リップルが低くなるため、これらの注意は緩められ得ます。

5.2.2. 昇圧コイル

昇圧コイル値はMR16外形寸法に合う必要性と昇圧連続伝導動作(CCM:Continuous Conduction Mode)を保証することによって決められます。実際の最大コイル値は10mm×10mmです。全ての調光条件下で電子トランスの正しい起動を保証する必要性に関連する理由のため、コイルに対する最悪動作条件はDC 12V入力で観測されるでしょう。昇圧電流がDC入力で連続を維持し得るなら、AC入力でもまた連続でしょう。昇圧変換器の切り替え周波数は設計が利用可能な空間に合うように350kHzに選ばれました。そしてこれはCCM動作を保証するための最小コイル値を選ぶことが容易になります。

尖頭コイル電流で重要な伝導動作を与える最小コイル値($LBST_MIN$)は平均入力電流の2倍です。電力損失無視で、重要な伝導での戦闘コイル電流(Δi_{L_BST})は以下です。

$$\Delta i_{L_BST} = 2I_{IN} = 2 \frac{P_{LED}}{V_{IN}}$$

昇圧変換器のデューティ比は以下です。

$$DBST = 1 - \frac{V_{IN}}{V_{BUS}}$$

故に最小コイル値は以下です。

$$LBST_MIN = \frac{V_{IN} \times DBST}{\Delta i_{L_BST} \times f_{BST}}$$

良好な動作点は入力電流に等しいリップル電流で、即ち、重要な伝導で得られるリップル電流の半分です。これは十分な動作余力を与えます。

5.2.3. 減衰(ダンピング)と雑音除去網

コンデンサ(C9)と抵抗(R9)はダンピングと雑音除去網を構成します。コンデンサは電子トランスの切り替え周波数(20kHz~100kHz)でのエネルギー貯蔵を提供するのに必要とされます。これなしでは、昇圧に対する入力電圧は電力線周波数正弦波包絡線を持つ高い周波数の方形波で、極端な雑音です。MR16の入力での気まぐれな発振のためにいくつかの電子トランスの傾向を弱めるために抵抗が追加されます。減衰器は極めて効果的です。

5.2.4. 昇圧電流感知抵抗

昇圧感知抵抗(R2)は連続伝導動作を保証するように選ばれますが、電力消費を最小にするためにもです。これは最大尖頭入力電流と望む電力消費によって決められます。回路図を参照すると、R2での尖頭電流が比較される最大参照基準(または電流限度)は以下によって与えられます。

$$V_{I_lim} = V_{CC} \frac{R_{10}}{R_8}$$

ここで $V_{CC}=5V$ は制御器の供給電圧です。

感知抵抗は電流限度での最大尖頭電流によってこの電圧を分圧することによって与えられます。

5.2.5. 昇圧切り替え周波数

理論上は昇圧変換器の切り替え周波数がコイル、感知抵抗と比較器(U4)周辺回路内の部品によって決められると思われます。けれども、U4に使われる比較器は標準的な物で、1 μ s級の長い応答時間を持ちます。この反応時間は切り替え周波数を著しく低めます。比較器応答時間と回路での部品に関する影響を含め、入力コイルでの頂点間リップル電流は以下によって与えられます。

$$\Delta i_L = V_{CC} \frac{R_{12}}{R_2(R_7+R_{12})} \left(1 + \frac{R_{10}}{R_8}\right) + \frac{V_{IN}}{L_1} t_{r_on_off} + \frac{(V_{BUS}-V_{IN})}{L_1} t_{r_off_on}$$

ここで $t_{r_on_off}$ と $t_{r_off_on}$ はMOSFET(Q1)がOFFとONに切り替わる時の各々比較器応答時間で、通常殆ど同じで、 $V_{CC}=5V$ が比較器への供給電圧です。

従って、切り替え周波数は以下によって与えられます。

$$f_{bst} = \frac{1}{L_1 \Delta i_L} \left(\frac{V_{IN}}{V_{BUS}} \right) + (V_{BUS} - V_{IN})$$

12VのDC入力電圧と24Vのバス電圧に対する切り替え周波数は約350kHzで、これは良好な効率でMR16外形寸法に合うような回路を許します。切り替え周波数はAC入力用の電力線で変わります。

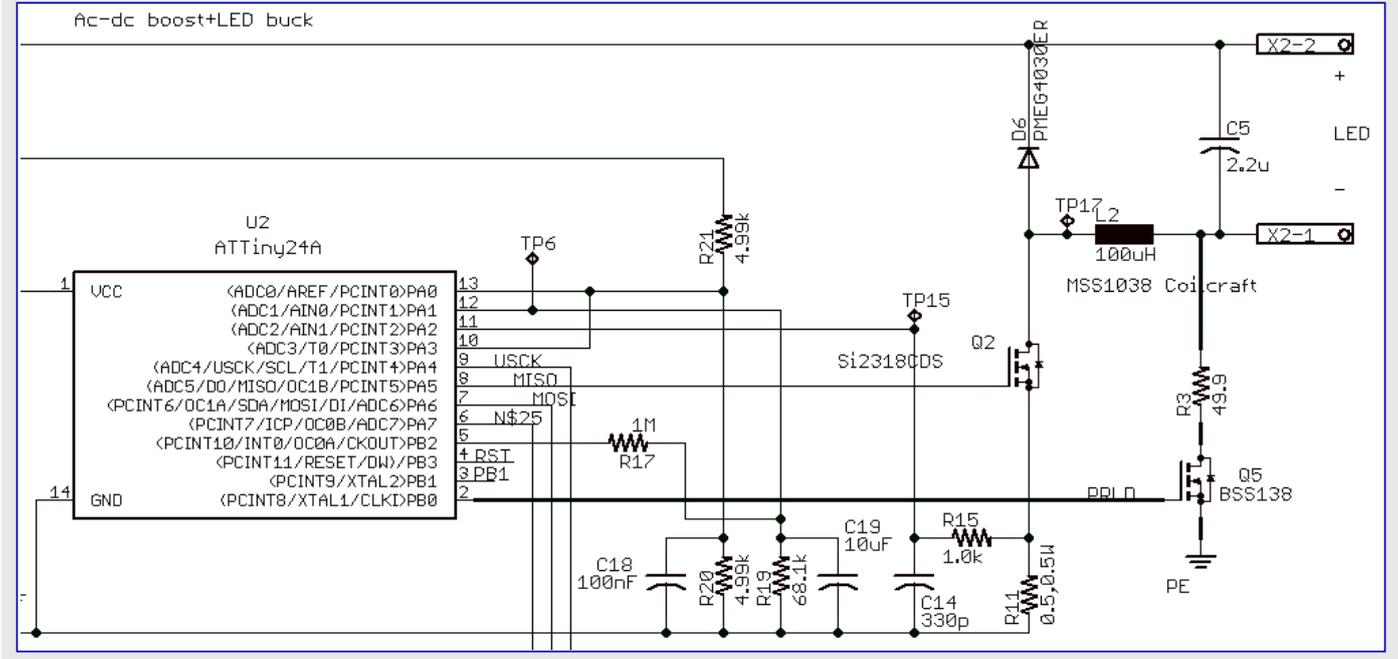
注: LED列の負(またはカソード・ピン)は浮きで、駆動部の接地に接続されません。従って、LED列の電圧測定を使う前にオシロスコープが絶縁されていることを確実にしてください。さもなければ、LED列電圧を測定するのに差動電圧探針を使ってください。

5.2.6. 低導通角調光動作

回路が約10～20度またはそれ以下の入力電圧導通角に調光される場合、LEDは以下の理由のため、かなりの角度に対してちらつき得ます。このような低角度でLED電流はDC部分が非常に小さいためにそのリップル成分によって支配されます。

この開発キットでは最低調光角度に於いて降圧変換器をOFFにするけれどもLEDをONのままにするための回路が実装されています。使っている図5-3.でQ5とR3の部品によって図解される仕組みは底のLEDのカソード電極から接地にMCUによって制御されるMOSFETを通して抵抗を接続することによって実装することができます。その場合、降圧変換器がOFFになる時に昇圧電圧とLED電圧間の差によって決められる定電流は抵抗とLED内を流れ、下の式で示されます。電流が最小降圧切り替え電流に合うように抵抗が選ばれるなら、明らかな閃光は除去されます。この仕組みでは電子トランスに供給するのと正しい入力電圧形状を維持するのに必要とされる電力が殆どLEDで消費されることです。故に、抵抗は回路内の他の物と同じ大きさにすることができます。試作ではこの抵抗が約50Ωの値を持ち、そこで50mWの電力だけを浪費し、それは0603の配置の大きさを持つことを許します。

図5-3. 低導通角調光用前負荷回路



式:

$$I_{LED} = \frac{V_{BUS} - V_{LED}}{R3}$$

低導通角ちらつきを判断する別の方法もあります。必要ならば使用者は回路とコードを変更することができます。

6. 4つのLEDの10W解決策の性能特性

10Wを生成するように設計されたMR16試作基板は様々な入力元に対して特性付けされました。負荷は約13.5Vの電圧と730mAの電流で動く4つの直列接続LEDです。

6.1. DC入力

表6-1. DC入力での効率

VIN (V)	IIN (A)	V_LED (V)	I_LED (A)	PIN (W)	POUT (W)	効率
12.43	1.08	13.16	0.762	12.52	10.02	0.80

図6-1.は重大または危険な電圧や電流の行き過ぎなしでシステムが素直に始動することを図解します。

図6-1. 始動波形: ch1=入力電圧、
ch2=1.33A/divでの昇圧入力(コイル)電流、
ch3=1A/divでの降圧FET電流、ch4=昇圧出力電圧

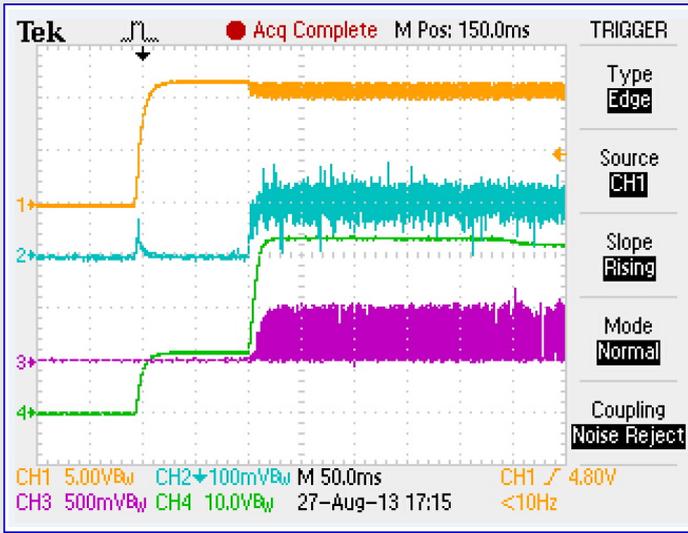


図6-2.と図6-3.は切り替え波形が綺麗で意図した形状と値を持つことを示します。

図6-2. 切り替え波形: ch1=昇圧FETゲート駆動電圧、
ch2=1.33A/divでの昇圧入力(コイル)電流、
ch3=1A/divでの降圧FET電流、ch4=降圧FETゲート電圧

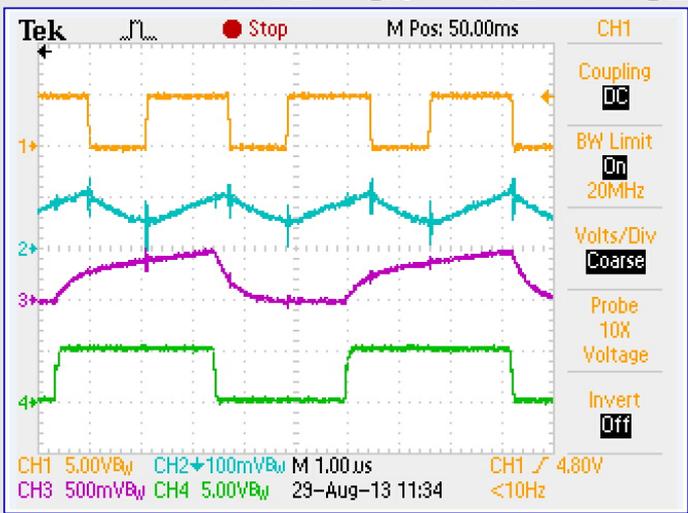


図6-2. 切り替え波形: ch1=昇圧FETドレイン電圧、
ch2=1.33A/divでの昇圧コイル電流、
ch3=1A/divでの降圧FET電流、ch4=降圧FETドレイン電圧

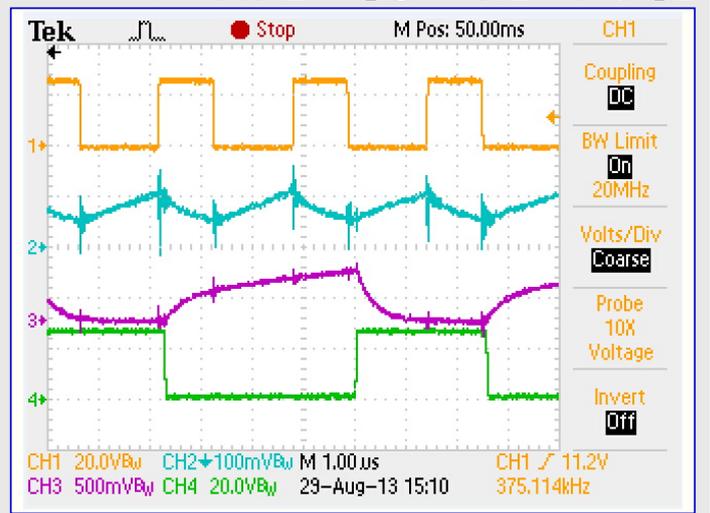


図6-4.は昇圧変換器内のデジタルPI制御器が帰還閉路に対して素晴らしい安定性を与えることを図解します。図6-5.はPWM制御器の出力と低域通過濾波されたアナログ出力を示します。

図6-4. 昇圧変換器負荷過渡応答: ch1=出力電圧、
負荷電流段階=300~350mA、降圧LED駆動部無負荷

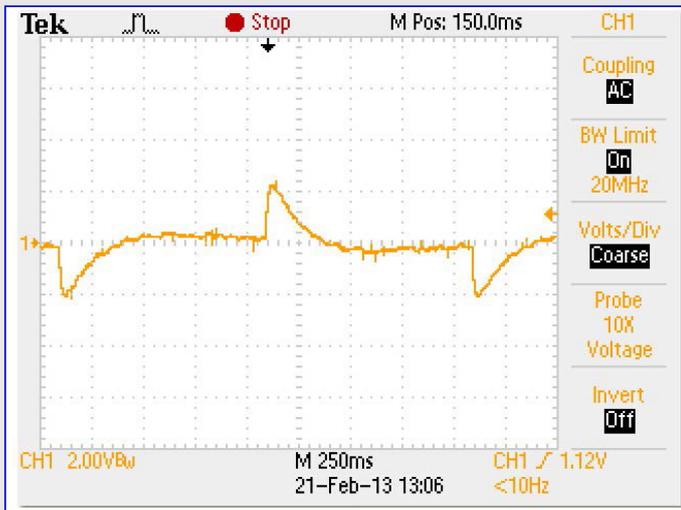
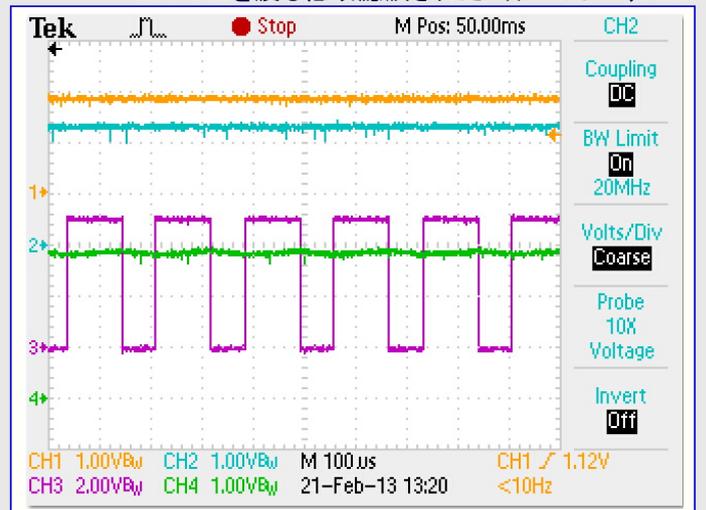


図6-5. 昇圧変換器波形: ch1=マイクロコントローラピンで感知された入力電圧、ch2=マイクロコントローラピンで感知された昇圧出力電圧、ch3=昇圧用マイクロコントローラ7番ピンのPWM出力、ch4=C16を渡る低域濾波されたマイクロコントローラPWM



6.2. AC入力

以下のこれらの図はAC入力電圧であっても、電圧や電流の行き過ぎなしに回路が素直で安全に始動することを図解します。

図6-6. 始動波形: ch1=整流入力電圧、
ch2=1.33A/divでの昇圧入力(コイル)電流、
ch3=1A/divでの降圧FET電流、ch4=昇圧出力電圧

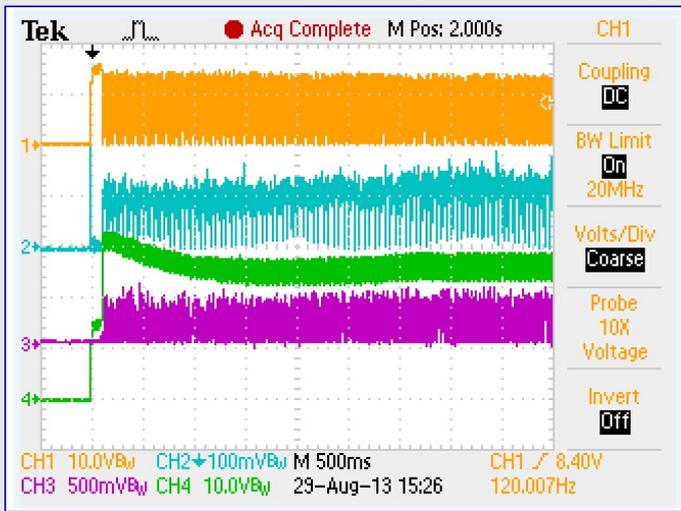


図6-7. 始動波形の詳細: ch1=整流入力電圧、
ch2=1.33A/divでの昇圧入力(コイル)電流、
ch3=1A/divでの降圧FET電流、ch4=昇圧出力電圧

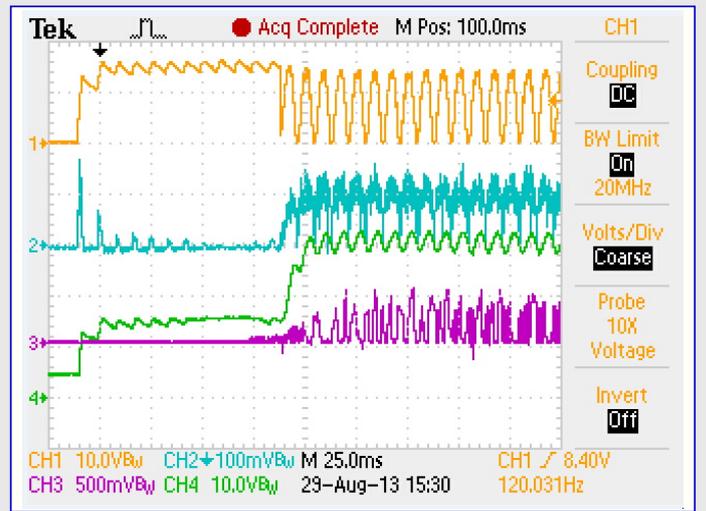
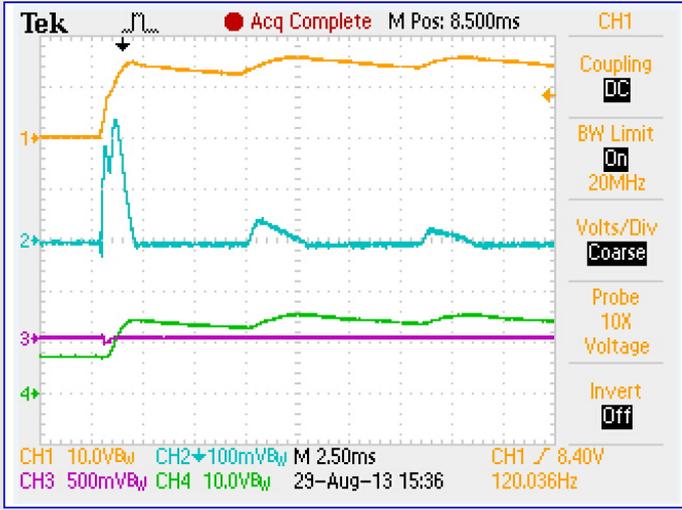


図6-8. 始動波形の細部詳細: ch1=整流入力電圧、
ch2=1.33A/divでの昇圧入力(コイル)電流、
ch3=1A/divでの降圧FET電流、ch4=昇圧出力電圧



理想的には降圧電流が昇圧出力電圧リップルに対して鈍感であるべきです。実際にはLED電流比較の比較器での有限伝搬遅延のために尖頭電流はやや尖頭昇圧電圧に従いがちです。この依存性が許容できないなら、より速い電流比較器を使うことができます。

図6-10.は昇圧変換器の負荷過渡応答がAC入力電圧で優れていることを示します

図6-9. 切り替え波形: ch1=整流入力電圧、
ch2=1.33A/divでの昇圧入力(コイル)電流、
ch3=1A/divでの降圧FET電流、ch4=昇圧出力電圧

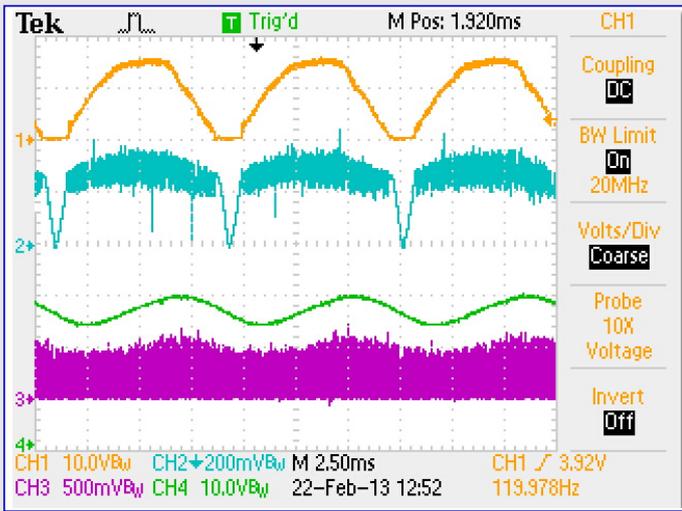
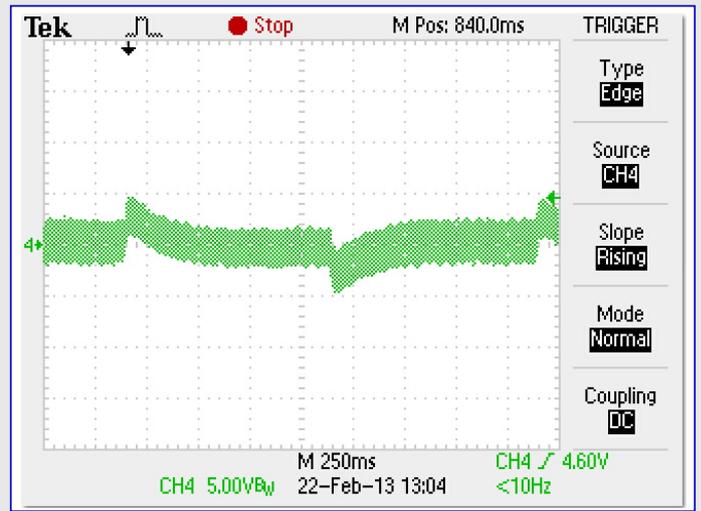


図6-10. 昇圧変換器負荷過渡応答: ch4=昇圧出力電圧、
LED切断で昇圧出力電流段階300~350mA



7. Lutron Diva DVELV-300調光器とのHatch RS12-60M電子トランス入力

7.1. 非調光波形

この図も優れたシステム始動特性を示します。直ちにそれらの入力電圧が印加され、電流を制限するために突入電流制御抵抗が入力経路に接続されます。この抵抗は回路が切り替えを始める直前に迂回されます。

入力コイル電流は大きな突入電流スパイクを示します。このスパイクは設計によって突入電流抵抗(現在は2.5Ωに設定)によって分圧される尖頭入力電圧の最大値(通常は17Vまたはそれ以下)、または全ての場合に於ける6.8A未満に制限されます。

図7-1. 非調光始動波形: ch1=整流入力電圧、
ch2=1.33A/divでの昇圧入力(コイル)電流、
ch3=1A/divでの降圧FET電流、ch4=昇圧出力電圧

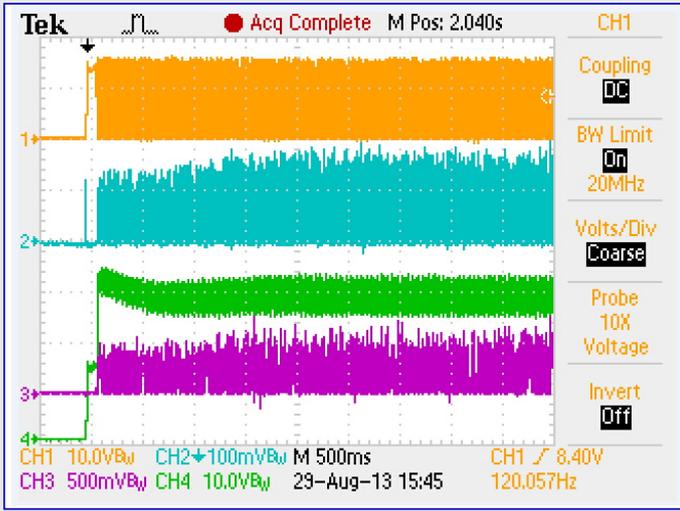
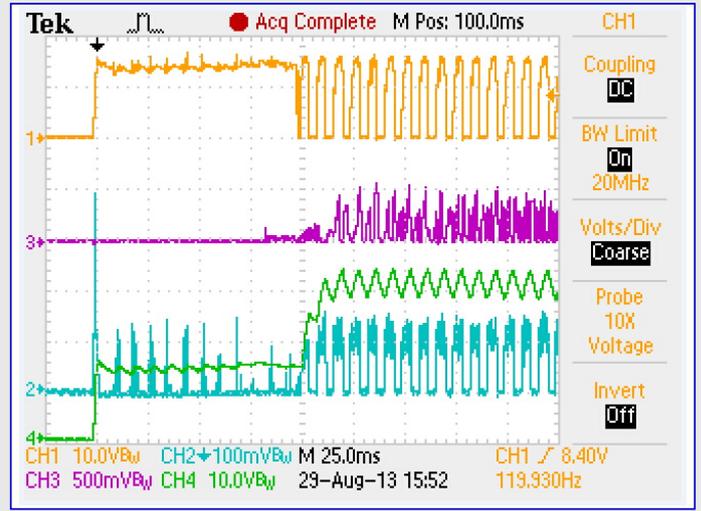


図7-2. 非調光始動波形の詳細: ch1=整流入力電圧、
ch2=1.33A/divでの昇圧入力(コイル)電流、
ch3=1A/divでの降圧FET電流、ch4=昇圧出力電圧



以下の図は高周波数のAC電子トランスからの非常に汚い入力電圧でさえ、LED電流が未だ上手く調整されることを示します。コイル電流(図で青の波形での外乱は現実にはありませんが、[図7-5](#)が示すように波形内を拡大するためのオンスコープ画像の乱れです。

図7-3. 非調光始動波形の細部詳細: ch1=整流入力電圧、
ch2=1.33A/divでの昇圧入力(コイル)電流、
ch3=1A/divでの降圧FET電流、ch4=昇圧出力電圧

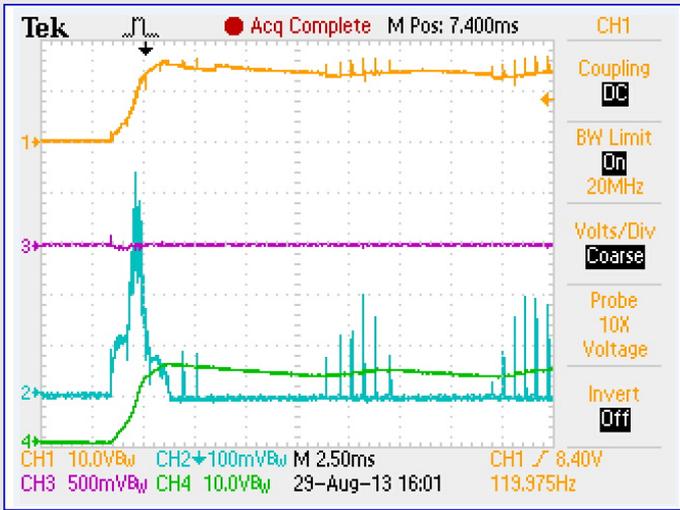


図7-4. 非調光切り替え波形: ch1=整流入力電圧、
ch2=1.33A/divでの昇圧入力(コイル)電流、
ch3=1A/divでの降圧FET電流、ch4=昇圧出力電圧

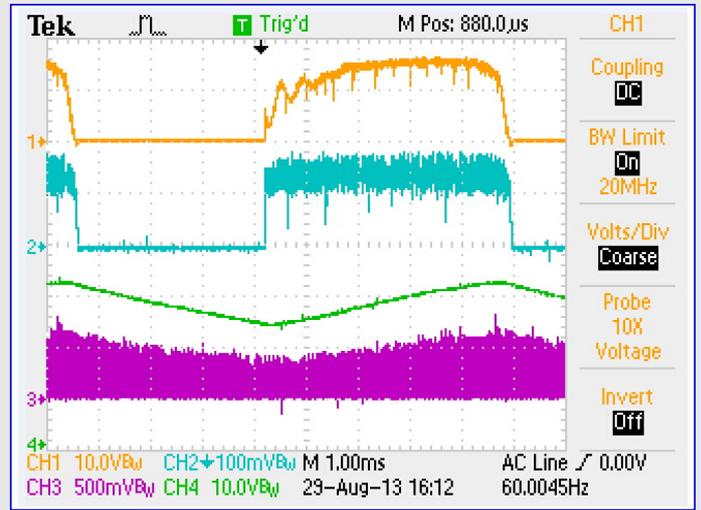
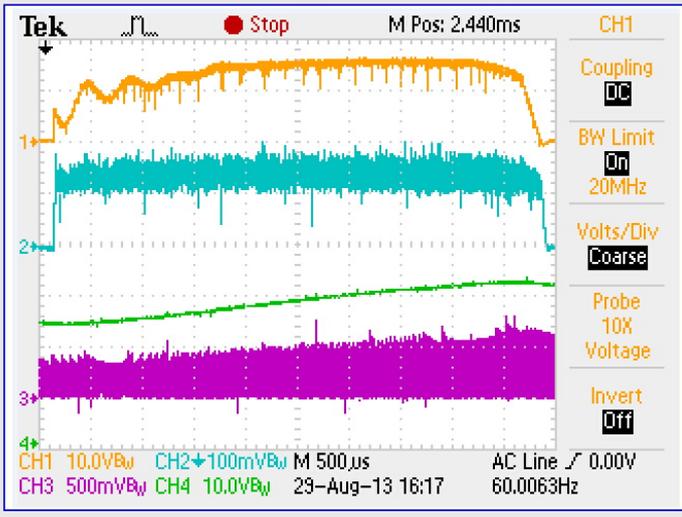


図7-5. 1.33A/divでのコイル電流波形(ch2)の詳細



7.2. 50%調光波形

図7-6. 50%調光始動波形: ch1=整流入力電圧、ch2=1.33A/divでの昇圧入力(コイル)電流、ch3=1A/divでの降圧FET電流、ch4=昇圧出力電圧

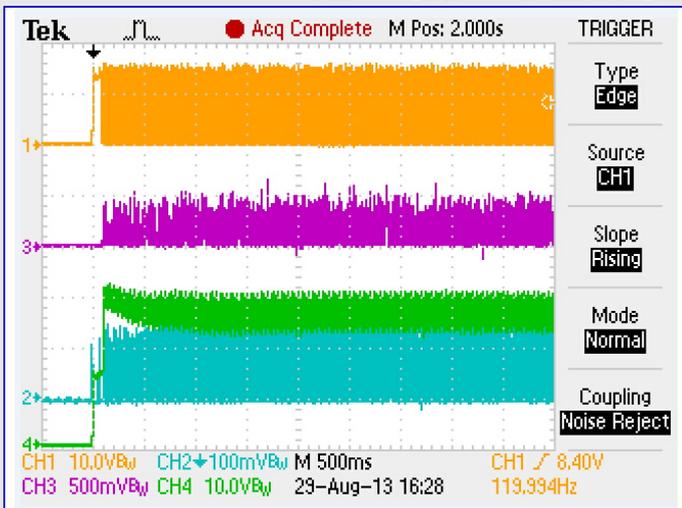


図7-7. 50%調光始動波形の詳細: ch1=整流入力電圧、ch2=1.33A/divでの昇圧入力(コイル)電流、ch3=1A/divでの降圧FET電流、ch4=昇圧出力電圧

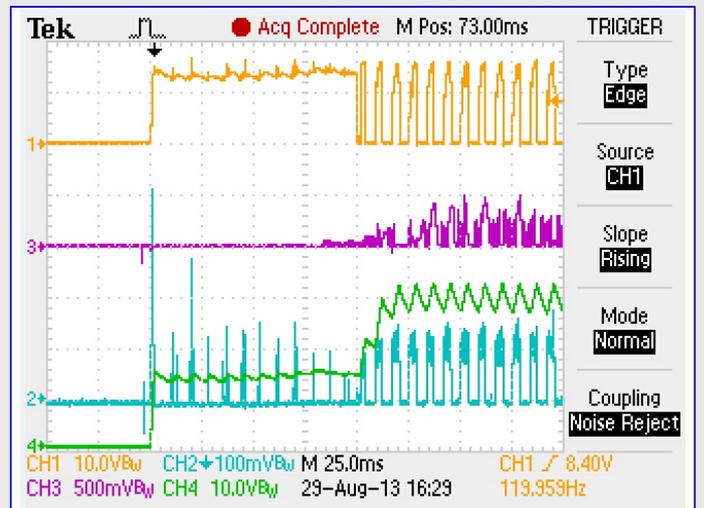


図7-8. 50%調光始動波形の細部詳細: ch1=整流入力電圧、ch2=1.33A/divでの昇圧入力(コイル)電流、ch3=1A/divでの降圧FET電流、ch4=昇圧出力電圧

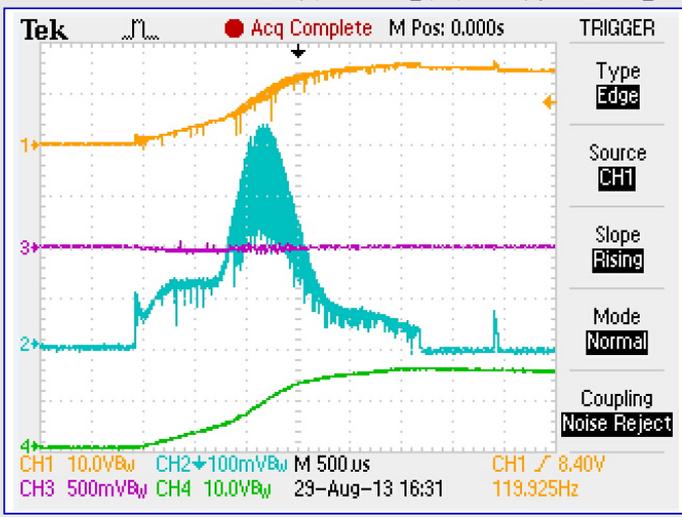
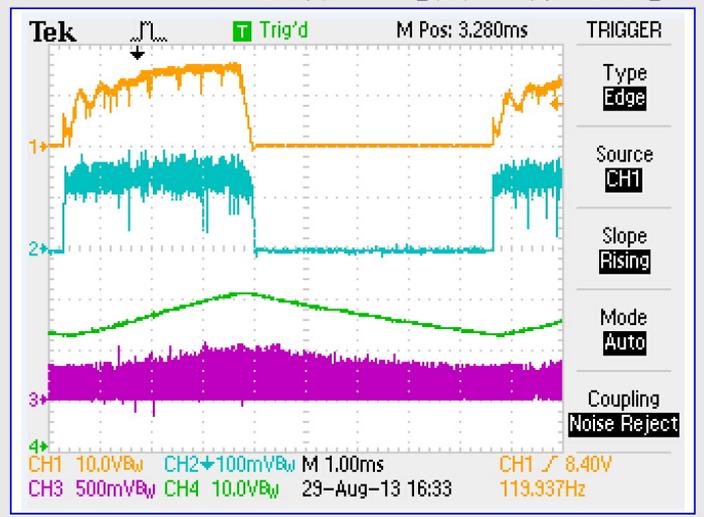


図7-9. 50%調光切り替え波形: ch1=整流入力電圧、ch2=1.33A/divでの昇圧入力(コイル)電流、ch3=1A/divでの降圧FET電流、ch4=昇圧出力電圧



7.3. 全調光波形

図7-10. 全調光始動波形: ch1=整流入力電圧、
ch2=1.33A/divでの昇圧入力(コイル)電流、
ch3=1A/divでの降圧FET電流、ch4=昇圧出力電圧

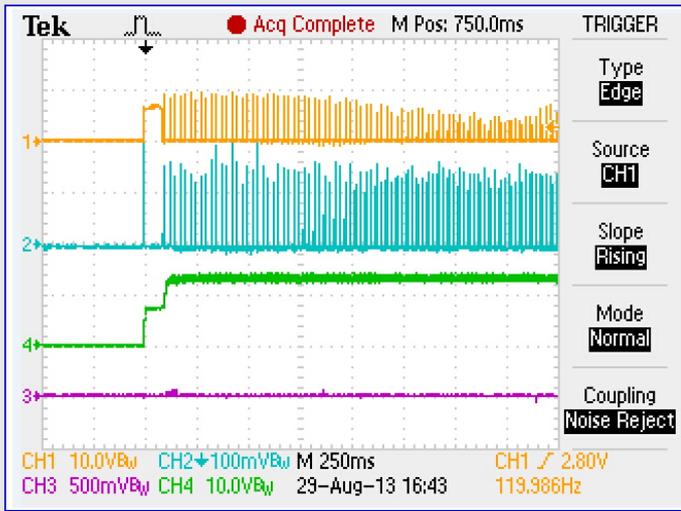


図7-11. 全調光切り替え波形: ch1=整流入力電圧、
ch2=1.33A/divでの昇圧入力(コイル)電流、
ch3=1A/divでの降圧FET電流、ch4=昇圧出力電圧

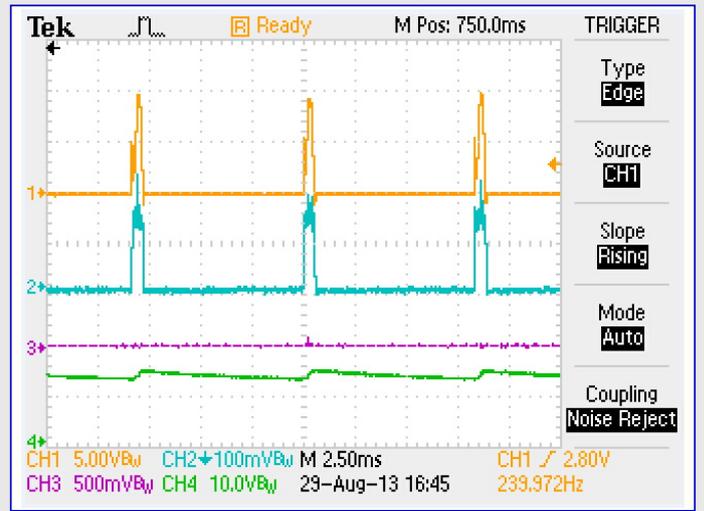
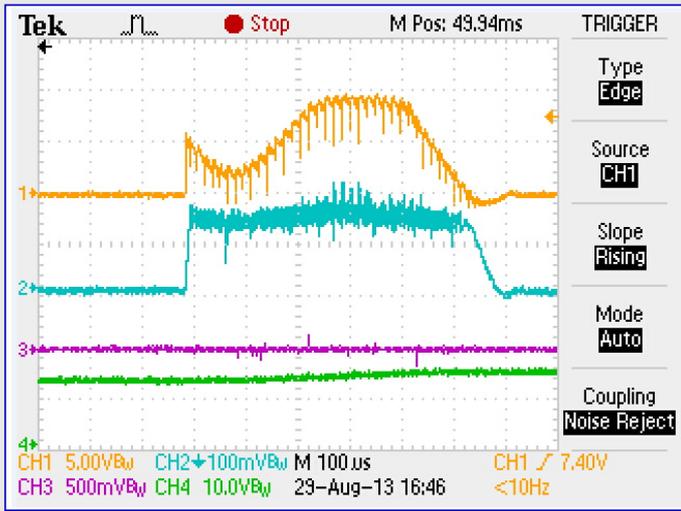


図7-12. 全調光切り替え波形の詳細: ch1=整流入力電圧、
ch2=1.33A/divでの昇圧入力(コイル)電流、
ch3=1A/divでの降圧FET電流、ch4=昇圧出力電圧



8. 部品表

4つのLEDと10W設計用の部品表

表8-1. 部品表

部品	値	外圍器	説明	部品番号	製造業者
C3,12,21	0(開放)	C2220K	セラミックコンデンサ		
C15	100pF	C0603	セラミックコンデンサ		
C14	330pF	C0603	セラミックコンデンサ		
C7	0.047μF	C0603	セラミックコンデンサ		
C1,13,17,18,20	0.1μF	C0603	セラミックコンデンサ		
C10	0.1μF	C0805K	セラミックコンデンサ		
C16	0.47μF	C0603	セラミックコンデンサ		
C8	1μF	C0603	セラミックコンデンサ	CC0603KRX5R5BB105	Yageo
C5	2.2μF/25V	C0603	セラミックコンデンサ	TMK107ABJ225KA-T	太陽誘電
C9	2.2μF/25V	C1210	セラミックコンデンサ	C3225X7R1E225KT5	TDK
C11	4.7μF/35V	153CLV-0405	電解コンデンサ	VEJ-4R7M1VTR-0406	Lelon
C19	10μF	C0603	セラミックコンデンサ		
C6	220μF/35V	E5-10,5	電解コンデンサ	ESC227M035AH1AA	Kemet
D1,2,3,4,5,6	PMEG4030ER	SOD-123_MINI-SMA	ショットキー整流ダイオード	PMEG4030ER,115	NXP Semi
D7	BAT854C	SOT23	2個入りダイオード		NXP Semi
F1	5A遅延ヒューズ	0603	0603外圍器のヒューズ	SF-0603S500-2	Bourns
L1	22μH	DR74	遮蔽付きコイル	DR74-220-R	Cooper Bussmann
L2	100μH	744 066	遮蔽付きコイル	744 066 101	Würth
Q1,2,3,5	Si2318CDS	SOT23	NチャネルMOS FET	Si2318CDS	Vishay
Q4	MMBTA2222A	SOT23-BEC	NPNTランジスタ	MMBTA2222A	
R29	0Ω	R0603	厚膜抵抗		
R2,28	0.15Ω/0.5W	R1206	厚膜抵抗	LRC-LR1206LF-01-R150-F	TT Electronic/IRC
R11	0.5Ω/0.5W	R1210	厚膜抵抗	RL1210FR-070R5L	Yageo
R23	1Ω/0.5W	R1206	厚膜抵抗	CRCW12101R00FKEA	Vishay Dale
R1	5.11Ω×2/1W	R2010	合計抵抗=2.55Ω	CRCW20105R11FKEFHP	Vishay Dale
R3	49.9Ω	R0603	厚膜抵抗		
R12	499Ω	R0603	厚膜抵抗		
R27	1kΩ	R0603	厚膜抵抗		
R15	1.0kΩ	R0603	厚膜抵抗		
R6,25	1.00kΩ	R0603	厚膜抵抗		
R9,10,20,21	4.99kΩ	R0603	厚膜抵抗		
R5,16	10kΩ	R0603	厚膜抵抗		
R14,26	10.0kΩ	R0603	厚膜抵抗		
R24	15kΩ	R0603	厚膜抵抗		
R4,13	51.1kΩ	R0603	厚膜抵抗		
R19	82.5kΩ	R0603	厚膜抵抗		
R7,8,22	100kΩ	R0603	厚膜抵抗		
R17	1MΩ	R0603	厚膜抵抗		
U1	LM3480-5.0	SOT23	30Vin,100mA,LDO	LM3480-5.0	National/TI
U2	ATtiny24A	SO14		ATtiny24A	Atmel
U3	74LVC1G02	SOT23-5	2入力NORゲート	74LVC1G02	TI
U4	TL331	SOT23-5	比較器	TL331	TI
X1,2		1751248	PCB端子台	1751248	Phoenix Contact

9. 改訂履歴

資料改訂	日付	注釈
42137A	2013年12月	初版資料公開



Enabling Unlimited Possibilities®

Atmel Corporation

1600 Technology Drive
San Jose, CA 95110
USA
TEL (+1)(408) 441-0311
FAX (+1)(408) 487-2600
www.atmel.com

Atmel Asia Limited

Unit 01-5 & 16, 19F
BEA Tower, Millennium City 5
418 Kwun Tong Road
Kwun Tong, Kowloon
HONG KONG
TEL (+852) 2245-6100
FAX (+852) 2722-1369

Atmel Munich GmbH

Business Campus
Parking 4
D-85748 Garching b. Munich
GERMANY
TEL (+49) 89-31970-0
FAX (+49) 89-3194621

Atmel Japan G.K.

141-0032 東京都品川区
大崎1-6-4
新大崎勸業ビル 16F
アトメル ジャパン合同会社
TEL (+81)(3)-6417-0300
FAX (+81)(3)-6417-0370

© 2013 Atmel Corporation. 不許複製 / 改訂:42137A-LED-12/2013

Atmel®, Atmelロゴとそれらの組み合わせ、Enabling Unlimited Possibilities®とその他はAtmel Corporationの登録商標または商標またはその付属物です。他の用語と製品名は一般的に他の商標です。

お断り: 本資料内の情報はAtmel製品と関連して提供されています。本資料またはAtmel製品の販売と関連して承諾される何れの知的所有権も禁反言あるいはその逆によって明示的または暗示的に承諾されるものではありません。Atmelのウェブサイトに表示する販売の条件とAtmelの定義での詳しい説明を除いて、商品性、特定目的に関する適合性、または適法性の暗黙保証に制限せず、Atmelはそれらを含むその製品に関連する暗示的、明示的または法令による如何なる保証も否認し、何ら責任がないと認識します。たとえばAtmelがそのような損害賠償の可能性を進言されたとしても、本資料を使用できない、または使用以外で発生する(情報の損失、事業中断、または利益と損失に関する制限なしの損害賠償を含み)直接、間接、必然、偶然、特別、または付随して起こる如何なる損害賠償に対しても決してAtmelに責任がないでしょう。Atmelは本資料の内容の正確さまたは完全性に関して断言または保証を行わず、予告なしでいつでも製品内容と仕様の変更を行う権利を保留します。Atmelはここに含まれた情報を更新することに対してどんな公約も行いません。特に別の方法で提供されなければ、Atmel製品は車載応用に対して適当ではなく、使用されるべきではありません。Atmel製品は延命または生命維持を意図した応用での部品としての使用に対して意図、認定、または保証されません。

© HERO 2020.

本応用記述はAtmelの調光可能なMR16開発キット使用者の手引きと設計指針(Rev.42137A-12/2013)の翻訳日本語版です。日本語では不自然となる重複する形容表現は省略されている場合があります。日本語では難解となる表現は大幅に意識されている部分があります。必要に応じて一部加筆されています。頁割の変更により、原本より頁数が少なくなっています。

必要と思われる部分には()内に英語表記や略称などを残す形で表記しています。

青字の部分はリンクとなっています。一般的に赤字の0,1は論理0,1を表します。その他の赤字は重要な部分を表します。